



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 07 814.2

Anmeldetag: 24. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung: Gradientenspulen und Verfahren zur Herstellung
von Gradientenspulen für MRT-Systeme

IPC: G 01 R, H 01 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Klostermeyer

Beschreibung

Gradientenspulen und Verfahren zur Herstellung von
Gradientenspulen für MRT-Systeme

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule wie sie in der Kernspintomographie (Synonym: Magnetresonanztomographie; MRT) eingesetzt werden. Dabei bezieht sich die vorliegende Erfindung insbesondere auf eine neue Technik zur Herstellung von Scheiben- bzw. Sattelspulen.

Die MRT basiert auf dem physikalischen Phänomen der Kernspinnresonanz und wird als bildgebendes Verfahren seit über 15 Jahren in der Medizin und in der Biophysik erfolgreich eingesetzt. Bei dieser Untersuchungsmethode wird das Objekt einem starken, konstantem Magnetfeld ausgesetzt. Dadurch richten sich die Kernspins der Atome in dem Objekt, welche vorher regellos orientiert waren, aus. Hochfrequenzwellen können nun diese „geordneten“ Kernspins zu einer bestimmten Schwingung (Resonanzfrequenz) anregen. Diese Schwingung erzeugt in der MRT das eigentliche Meßsignal (HF-Antwortsignal), welches mittels geeigneter Empfangsspulen aufgenommen wird.

Für die Bildrekonstruktion ist die exakte Information über den jeweiligen Entstehungsort des HF-Antwortsignals (Ortsinformation bzw. Ortskodierung) Voraussetzung. Diese Ortsinformation wird durch magnetische Zusatzfelder (magnetische Gradientenfelder) zum statischen Magnetfeld entlang der drei Raumrichtungen gewonnen. Diese Gradientenfelder sind im Vergleich zum Hauptfeld klein und werden durch zusätzliche Widerstandsspulen in der Patientenöffnung des Magneten erzeugt. Durch diese Gradientenfelder ist das Gesamtmagnetfeld in jedem Volumenelement anders und damit auch die Resonanzfrequenz. Wird eine definierte Resonanzfrequenz eingestrahlt, so können also nur die Atomkerne angeregt werden, die sich an einem Ort befinden, an dem das Magnetfeld die

entsprechende Resonanzbedingung erfüllt. Geeignete Änderungen der Gradientenfelder ermöglichen es, den Ort eines solchen Volumenelements, bei dem die Resonanzbedingung erfüllt ist, definiert zu verschieben und so den gewünschten Bereich abzu-
5 tasten.

Die Gradientenfelder entlang aller drei Raumrichtungen werden durch drei unterschiedliche Teilwicklungen (sogenannten Gradientenspulen) erzeugt welche das sogenannte
10 Gradientensystem bilden. Die Gradientenspulen erzeugen ein dem jeweils eingepprägten Strom proportionales, räumlich jeweils zueinander senkrechtes Gradientenfeld. Dabei wird unterschieden zwischen planaren Gradientenspulen bei offenen MRT-Systemen (z.B. Typ Magnetom Open) und zylinderförmigen
15 Gradientenspulen (Maxwell-Spulen) bzw. teilzylinderförmigen Gradientenspulen (Sattel-Spulen) bei geschlossenen MRT-Systemen (z.B. Typ Magnetom Vision).

Die zylinderförmige Gradientenspule (Maxwellspule) ist eine
20 gewöhnliche Zylinderspule die ein axiales Feld erzeugt welches in radialer Richtung variiert. Die Herstellung erfolgt durch Wicklung eines elektrischen Leiters auf einer Zylinderoberfläche in axialer Richtung.

25 Die planaren Gradientenspulen sowie die Sattelspulen weisen eine brezelförmige bzw. spiralartige Leiterstruktur auf. Die derzeitige Herstellung erfolgt durch Einbringen des elektrischen Leiters in entsprechende (brezelförmige bzw. spiralförmige) Einfräsungen bzw. Vertiefungen einer flachen
30 Wickelplatte und anschließendem Verkleben der so erzeugten brezelförmigen bzw. spiralförmigen Leiterbahn mit einer Trägerplatte welche letztendlich von der Wickelplatte abgehoben wird. Zur Erzeugung von Sattelspulen wird die Trägerplatte auf den gewünschten Radius gerollt. Dieser
35 Schritt wird als "Umformprozeß" oder "Rollen" bezeichnet.

Nach dem derzeitigen Herstellungsverfahren von planaren Gradientenspulen sowie Sattelspulen ist es nicht möglich eine durchgehende Wicklung zu erzeugen, da man aus dem Inneren jeder spiralförmigen Wicklung (auch "Auge" genannt) eine Verbindung nach außen schaffen muß, durch welche die Spulen verbunden werden können. Diese Verbindung wird bei der Endmontage der Gradientenspule - bei Sattelspulen nach dem Rollen - durch weiches Einlöten sogenannter "innerer (Löt-) Verbinder" hergestellt. Dies hat unterschiedliche Nachteile: Derartige Lötverbinder sind üblicherweise als gefräste und daher teure Einzelteile ausgeführt. Das Einlöten als solches stellt einen aufwendigen Verfahrensschritt im Herstellungsprozeß von planaren Gradientenspulen sowie Sattelspulen dar. Des weiteren sind Lötstellen stets als potentielle Fehlerquellen anzusehen da die Lötstelle brechen oder bei schlechter Lötung den elektrischen Widerstand erhöhen kann. Außerdem können Lotspritzer die beim Löten anfallen im späteren Betrieb Kurzschlüsse hervorrufen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, den konstruktiven Aufbau sowie das Herstellungsverfahren von Gradientenspulen zu verbessern bzw. zu vereinfachen.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Die abhängigen Ansprüche bilden den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise weiter.


Es wird eine Gradientenspule für ein Magnet-Resonanz-Tomographie-Gerät vorgeschlagen welches eine auf einer ersten Fläche angeordnete spiralförmige Spule und eine innere und eine äußere Leiterzuführung der Spule aufweist, wobei die innere Leiterzuführung auf einer zweiten, zur ersten beabstandeten Fläche angeordnet ist. Erfindungsgemäß besteht die Spule mit ihren Leiterzuführungen aus einem durchgehenden einteiligen elektrischen Leiter. Damit entfällt

die derzeit übliche Verwendung von gelöteten kostenintensiven inneren Verbindern.

5 Vorteilhafterweise wird die Spule auf einer Trägerplatte fixiert.


In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist die innere Leiterzuführung außerhalb der Trägerplatte angeordnet.

10 In einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist die innere Leiterzuführung in der Trägerplatte integriert.

 Falls die erfindungsgemäße Gradientenspule als planare Spule ausgebildet sein soll, so stellt die erste Fläche eine Ebene
15 dar.

Bei einer Ausbildung der Gradientenspule als Sattelspule stellt die erste Fläche eine Zylindermantelfläche dar.

20 Erfindungsgemäß wird weiterhin ein erstes Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule beansprucht, aufweisend die folgenden Schritte:

- Einlegen eines Teiles eines elektrischen Leiters in eine die Form einer auf einer ersten Fläche angeordneten spiralförmigen Spule vorgebende Nut einer Wickelplatte,
25  - Verkleben der so geformten Leiterbahnanordnung mit einer Trägerplatte,

- Abheben der Trägerplatte und
- Biegen eines im Spulenzentrum verbliebenen Teiles des elektrischen Leiters in eine zweite Fläche so daß eine
30 radiale innere Leiterzuführung entsteht.
Die so erzeugte Gradientenspule ist planar mit einer freien radialen inneren Zuführung.

35 Erfindungsgemäß wird ferner ein zweites Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule beansprucht, aufweisend die folgenden Schritte:

- Erzeugen einer radialen inneren Leiterzuführung durch Einlegen eines Teiles eines elektrischen Leiters in eine in einer ersten Ebene liegenden vorgegebene Nut einer Wickelplatte

5 - Weiteres Einlegen des elektrischen Leiters in eine vorgegebene spiralförmig nach außen führende und in einer zweiten Ebene liegenden Nut der Wickelplatte, wobei die erste Ebene unter der zweiten Ebene zu liegen kommt,

10 - Verkleben der so geformten Leiterbahnanordnung mit einer Trägerplatte,

- Abheben der Trägerplatte.

Die so erzeugte Gradientenspule ist ebenfalls planar, wobei aber die radiale innere Leiterzuführung in der Trägerplatte integriert ist.

15

Durch einen weiteren Verfahrensschritt lassen sich jeweils beide erfindungsgemäßen planaren Gradientenspulen in Sattelspulen umformen.

20 Beansprucht wird demnach ein Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule gemäß Anspruch 7, weiterhin aufweisend den darauffolgenden Schritt des Rollens der Spule auf einer Zylindermantelfläche, wobei die innere Leiterzuführung eine parallele Ausrichtung zur Zylinderachse erfährt.

25

Beansprucht wird ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule gemäß Anspruch 8, weiterhin aufweisend den darauffolgenden Schritt des Rollens der Spule auf einer Zylindermantelfläche, wobei die innere Leiterzuführung eine parallele Ausrichtung zur Zylinderachse erfährt.

30

Weitere Vorteile, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden nun anhand von Ausführungsbeispielen beziehend auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert.

35

Figur 1a zeigt eine perspektivische Darstellung einer planaren Gradientenspule bzw. einer Sattelspule vor dem Rollen mit freier Rückführung des Verbindungsdrahtes,

5 Figur 1b zeigt einen Schnitt durch die Wickelplatte einer planaren Gradientenspule bzw. einer Sattelspule vor dem Rollen mit freier Rückführung des Verbindungsdrahtes,

10 Figur 2a zeigt eine perspektivische Darstellung einer planaren Gradientenspule bzw. einer Sattelspule vor dem Rollen mit integrierter Rückführung des Verbindungsdrahtes,

15 Figur 2b zeigt einen ersten Schnitt durch die Wickelplatte einer planaren Gradientenspule bzw. einer Sattelspule vor dem Rollen mit integrierter Rückführung des Verbindungsdrahtes,

20 Figur 2c zeigt einen zweiten Schnitt durch die Wickelplatte einer planaren Gradientenspule bzw. einer Sattelspule vor dem Rollen mit integrierter Rückführung des Verbindungsdrahtes,

25 Figur 3 zeigt perspektivisch die erfindungsgemäße Ausführung einer zweiteiligen Sattelspule mit Rückführung des Verbindungsdrahtes auf größerem Radius,

30 Figur 4 zeigt perspektivisch die erfindungsgemäße Ausführung einer zweiteiligen Sattelspule mit Rückführung des Verbindungsdrahtes auf kleinerem Radius.

Figur 1a zeigt eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen vollständig
35 durchgewickelten planaren Gradientenspule bzw. Sattelspule vor dem Rollen. Die Spule ist als rundförmige Spirale 2 dargestellt, die in der Mitte ein Zentrum 1 (auch Auge

genannt) aufweist. Mit "vollständig durchgewickelt" wird eine Leiterbahnanordnung bezeichnet, bei der aus dem Inneren (dem Auge 1) der Spirale 2 ohne Lötverbindung eine radiale Verbindung X nach Außen geschaffen ist. Die radiale Verbindung X (innere Leiterzuführung) nach Außen kann natürlich nicht auf der gleichen Ebene der Spirale erfolgen, sondern wird bei planaren Gradientenspulen in einer Fläche ober- oder unterhalb der Spulenebene, bei Sattelspulen auf einer Zylindermantelfläche mit größerem oder kleinerem Radius positioniert. Die innere Leiterzuführung X wird dadurch erhalten, daß beim Wickeln der Spirale von innen nach außen nicht mit dem Leiter-Ende begonnen wird, sondern ein entsprechend langes Leiterstück freigehalten wird, welches letztlich nach dem Wickeln über die Spirale gebogen bzw. geknickt wird. Beim Wickeln der Spirale von außen nach innen wird zuletzt noch so viel elektrischer Leiter hinzugenommen, daß durch Biegen des Leiter-Endes im Auge 1 eine radiale Leiterzuführung X (innere Leiterzuführung) über die gesamte Spirale 2 hinweg realisiert werden kann. Dabei sei darauf hingewiesen, daß die spiralförmige Spulenform gegebenenfalls auch eckig, insbesondere bei planaren Gradientenspulen auch brezelförmig, ausgebildet sein kann.

In dieser ersten Ausführungsform gemäß Figur 1a erfolgt die Rückführung des Leiters X (innere Leiterzuführung) oberhalb der Spulenebene. Die Vorgehensweise zur Herstellung einer Leiterbahnanordnung gemäß Figur 1a besteht darin entweder von innen nach außen oder von außen nach innen den Leiter in die entsprechend spiralförmige Nut 3 einer Wickelplatte W zu legen. Das äußere Leiterbahnende 6 der Spule befindet sich dementsprechend in der Spulenebene während das innere Leiterbahnende X (innere Leiterzuführung) zunächst axial zur Spulenebene ausgerichtet ist. Die so geschaffene Spule wird nach Beendigung des Wickelns mit einer Trägerplatte T verklebt und von der Wickelplatte W abgehoben. Anschließend wird bei der Fertigung einer planaren Gradientenspule das innere Leiterbahnende X (innere Leiterzuführung) so gebogen,

daß es in geringem gleichmäßigem Abstand zur Spulenebene frei aus dem Spulenbereich herausgeführt wird. Zuletzt wird das gebogene Leiterbahnende X (innere Leiterzuführung) entweder mit dem flächigen Spulenteil Z vergossen oder an diesem bei der Endmontage provisorisch mit geeignetem Kleber fixiert. In Figur 1b ist in dem Schnittbild A-A durch die Wickelplatte W sowie durch die Trägerplatte T die relative Lage der Leiterbahnen X bzw. Z einer gemäß Figur 1a zu fertigenden planaren Gradientenspule zueinander dargestellt. Das innere Leiterbahnende X (innere Leiterzuführung) ist knapp über der Trägerplatte T radial nach außen geführt.

Figur 2a zeigt eine perspektivische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen vollständig durchgewickelten planaren Gradientenspule bzw. Sattelspule vor dem Rollen. Die Leiterzuführung Y (innere Leiterzuführung) zum Spulenzentrum 1 erfolgt gemäß Figur 2a in einer Ebene unterhalb der spiralförmig angeordneten Leiterbahnen Z. Die Vorgehensweise zur Herstellung einer Leiterbahnanordnung gemäß Figur 2a besteht darin zunächst eine radiale Leiterzuführung Y (innere Leiterzuführung) zum Spulenzentrum zu schaffen, indem der zuführende Leiter Y in eine relativ zu den Nuten für die eigentliche Magnetfelderzeugende Spulenspirale tiefergelegene Nut 4 der Wickelplatte W eingelegt wird. Vom Zentrum 1 aus wird dann der ebene Spulenteil Z durch Einlegen des Leiters in die höhergelegenen spiralförmigen Nuten der Wickelplatte W erzeugt, so daß das äußere Spulenende 6 (äußere Leiterzuführung) in der Spulenebene, die innere Zuführung Y unter der Spulenebene zu liegen kommt. Die so entstandene Leiterbahnanordnung wird durch Laminieren mit einer Trägerplatte T fixiert die letztendlich von der Wickelplatte W abgehoben wird. In den Figuren 2b und 2c ist in zueinander senkrechten Schnittbildern die relative Lage der Leiterbahnen Y, Z zueinander insbesondere die Leiterbahnzuführung Y zum Spulenzentrum 1 dargestellt. Schnitt B-B zeigt die in der Wickelplatte W im Vergleich zu den Spiral-Nuten

tiefergelegene Zuführung zum Spulenzentrum 1. Der zu Schnitt B-B senkrechte Schnitt C-C zeigt die Leiterbahnzuführung Y zum Spulenzentrum 1 unter den eigentlichen spiralförmig gelegten Leiterbahnen Z. Diese Leiterbahnanordnung ist
5 bereits nach der Einlaminierung mit der Trägerplatte T vollständig fixiert.

Bei beiden Ausführungsformen kann auf einen inneren Verbinder und damit auf das Löten im sensiblen Bereich des
10 Spulenzentrums 1 verzichtet werden, was zum einen den Fertigungsprozeß vereinfacht und zum anderen eine potentielle Fehlerquelle ausschließt.

Im Prinzip können beide der eben beschriebenen
15 Ausführungsformen der planaren Spulen zur Herstellung von zwei- oder mehrteiligen Sattelspulen verwendet werden, die bei entsprechender gegenseitiger Anordnung und Verschaltung orthogonale Gradientenfelder liefern. Bei der Fertigung einer Sattelspule wird die Trägerplatte T der ersten oder zweiten
20 Ausführungsform in der Weise gebogen oder gerollt, daß sie den Teil einer Zylindermantelfläche 5 bildet. Durch 90°- bzw. 180°-Versatz von vier der so gebildeten Sattelspulen können zwei zueinander orthogonale transversale Gradientenfelder erzeugt werden, die beide wiederum orthogonal zu dem axialen
25 Gradientenfeld der bereits erwähnten Maxwellspule (z-Spule) eines geschlossenen MRT-Systems sind. Dabei ist dringend darauf zu achten, daß bei jeder Sattelspule die Leiterrückführung X vom Spulenzentrum 1 gemäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform bzw. die Leiterzuführung Y
30 zum Spulenzentrum 1 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform exakt parallel zur Zylinderachse des so gebildeten zylindrischen Gradienten-(Spulen-) Systems verläuft, um keine axiale Feldkomponente zu verursachen; Diese würde die Linearität der Maxwellspule beeinflussen und
35 damit Bildverzerrungen hervorrufen.

In den Figuren 3 und 4 ist jeweils eine zweiteilige Sattelspule dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit bzw. zur besseren Darstellung ist nur die Leiterbahnanordnung abgebildet. Die jeweiligen Trägerplatten sind nicht
5 dargestellt bzw. sind als transparent zu betrachten. Die beiden Figuren unterscheiden sich in der Art und Weise der Leiterzuführung bzw. der Leiterrückführung zum bzw. vom Spulenzentrum. Figur 3 zeigt eine zweiteilige Sattelspule mit jeweils zwei zur Zylinderachse parallelen Leiterzuführungen X
10 die einen größeren Abstand zur Zylinderachse haben als die Spule selbst. In Figur 4 ist es gerade umgekehrt: Beide Leiterzuführungen Y befinden sich auf einer Zylindermantelfläche mit kleinerem Radius als die der Spulen selbst. Selbstverständlich ist es auch möglich beide
15 Leiterzuführungsarten in einer zweiteiligen Sattelspule zu kombinieren. Da in den Figuren 3 und 4 die Trägerplatten nicht eingezeichnet sind geht aus der jeweiligen Zeichnung nicht hervor, ob die Leiterzuführung frei oder in der Trägerplatte integriert ist. Beides bzw. auch die Kombination
20 beider Möglichkeiten ist denkbar. Wohlgedenkt sind in beiden Figuren exakt parallel zur Zylinderachse um das axiale Gradientenfeld der nicht dargestellten Maxwellspule nicht zu beeinflussen.

25 Wie bereits erwähnt kann die Herstellung derartiger Sattelspulen durch Rollen der Trägerplatte der ersten oder zweiten Ausführungsform erfolgen. Eine andere Möglichkeit der Herstellung besteht darin, bereits die Wickelplatte in erster oder zweiter Ausführungsform als zylindrische Wickelform mit
30 dem gewünschten Radius auszuführen. In beiden Fällen kann auch hier auf einen zu löten inneren Verbinder verzichtet und somit die Spule durchgehend gewickelt werden. Der Prozess-Schritt des Rollens entfällt.

Patentansprüche

1. Gradientenspule für ein Magnet-Resonanz-Tomographie-Gerät, aufweisend:

- 5 - eine auf einer ersten Fläche angeordnete spiralförmige Spule (2) und
- eine innere (X bzw. Y) und eine äußere Leiterzuführung der Spule (2),
wobei die innere Leiterzuführung (X bzw. Y) auf einer
10 zweiten, zur ersten beabstandeten Fläche angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet,
daß die Spule mit ihren Leiterzuführungen aus einem durchgehenden einteiligen elektrischen Leiter besteht.

- 15 2. Gradientenspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die Spule (2) auf einer Trägerplatte (T) fixiert ist.

- 20 3. Gradientenspule nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die innere Leiterzuführung (X) außerhalb der Trägerplatte (T) angeordnet ist.

- 25 4. Gradientenspule nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die innere Leiterzuführung (Y) in die Trägerplatte (T) integriert ist.

- 30 5. Gradientenspule nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
daß die erste Fläche eine Ebene ist.

- 35 6. Gradientenspule nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
daß die erste Fläche eine Zylindermantelfläche (5) ist.

7. Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule,

aufweisend die folgenden Schritte:

- Einlegen eines Teiles eines elektrischen Leiters in eine Nut (3) einer Wickelplatte (W) zum Formen einer Leiterbahnanordnung, wobei die Nut (3) die Form einer in einer ersten Ebene angeordneten spiralförmigen Spule vorgibt,
- Verkleben der so geformten Leiterbahnanordnung mit einer Trägerplatte (T),
- Abheben der Trägerplatte (T) von der Wickelplatte (W) und
- Biegen eines im Spulenzentrum (1) verbliebenen Teiles des elektrischen Leiters in eine zweite Ebene so daß eine radiale innere Leiterzuführung (X) entsteht.

8. Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule, aufweisend die folgenden Schritte:

- Erzeugen einer radialen inneren Leiterzuführung (Y) durch Einlegen eines Teiles eines elektrischen Leiters in eine in einer ersten Ebene liegenden vorgegebene Nut (4) einer Wickelplatte (w)
- Weiteres Einlegen des elektrischen Leiters in eine vorgegebene spiralförmig nach außen führende und in einer zweiten Ebene liegenden Nut (3) der Wickelplatte (W), wobei die erste Ebene unter der zweiten Ebene zu liegen kommt,
- Verkleben der so geformten Leiterbahnanordnung mit einer Trägerplatte (T),
- Abheben der Trägerplatte (T).

9. Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule gemäß Anspruch 7,

- weiterhin aufweisend den darauffolgenden Schritt des Rollens der Spule (2) auf einer Zylindermantelfläche (5), wobei die innere Leiterzuführung (X bzw. Y) eine parallele Ausrichtung zur Zylinderachse erfährt.

10. Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule gemäß

Anspruch 8,

weiterhin aufweisend den darauffolgenden Schritt des Rollens der Spule (2) auf einer Zylindermantelfläche (5), wobei die

innere Leiterzuführung (X bzw. Y) eine parallele Ausrichtung zur Zylinderachse erfährt.

Zusammenfassung

Gradientenspulen und Verfahren zur Herstellung von
Gradientenspulen für MRT-Systeme

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Herstellung einer Gradientenspule wie sie in der Kernspintomographie (Synonym: Magnetresonanztomographie; MRT) eingesetzt werden. Dabei bezieht sich die vorliegende Erfindung insbesondere auf eine neue Technik zur Herstellung von Scheiben- bzw. Sattelspulen.

10

Die erfindungsgemäße Gradientenspule weist eine auf einer ersten Fläche angeordnete spiralförmige Spule (2) und eine innere (X bzw. Y) und eine äußere Leiterzuführung (6) der Spule (2) auf, wobei die innere Leiterzuführung (X bzw. Y) auf einer zweiten, zur ersten beabstandeten Fläche angeordnet ist. Die erfindungsgemäße Gradientenspule ist dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (2) mit ihren Leiterzuführungen (X bzw. Y bzw. 6) aus einem durchgehenden einteiligen elektrischen Leiter besteht.

15

20

[Figuren 1a, 2a, 3]

FIG 1a

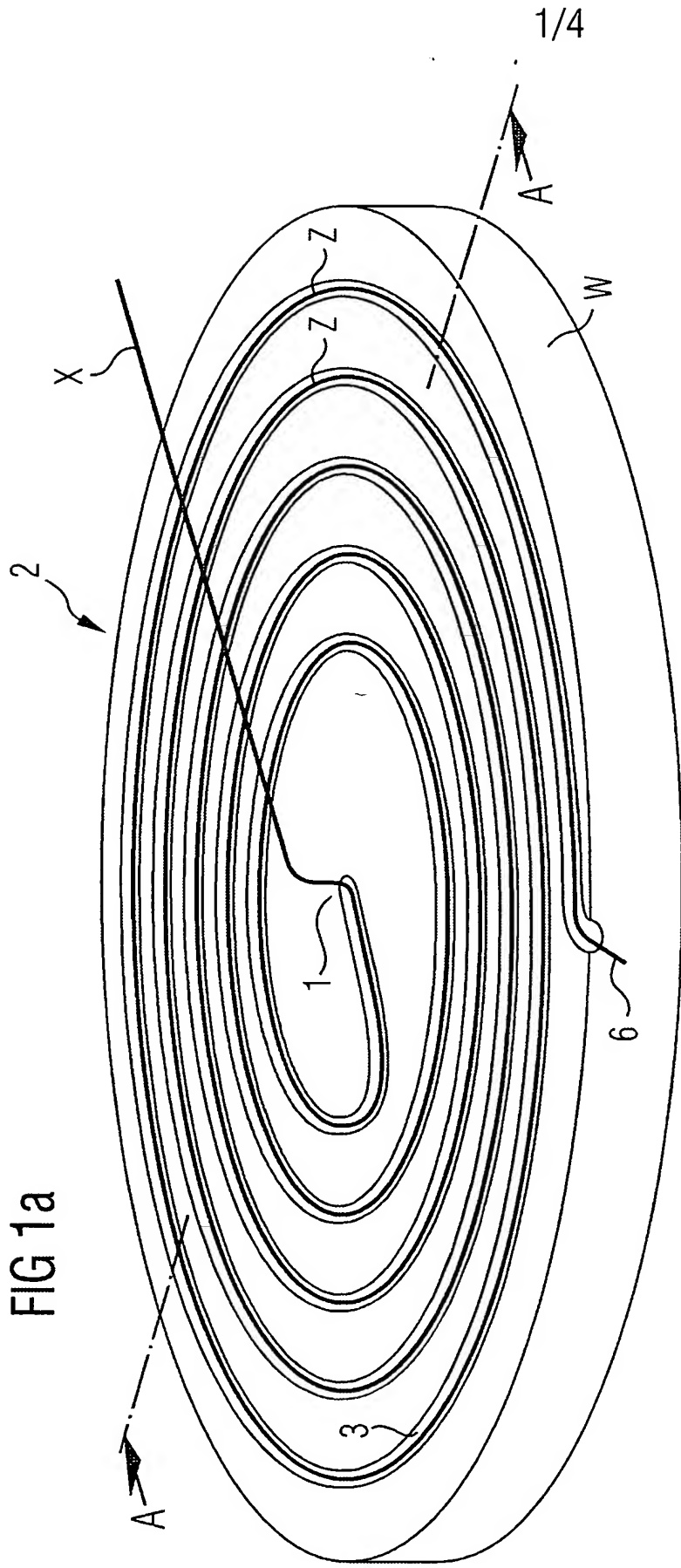


FIG 1b A-A

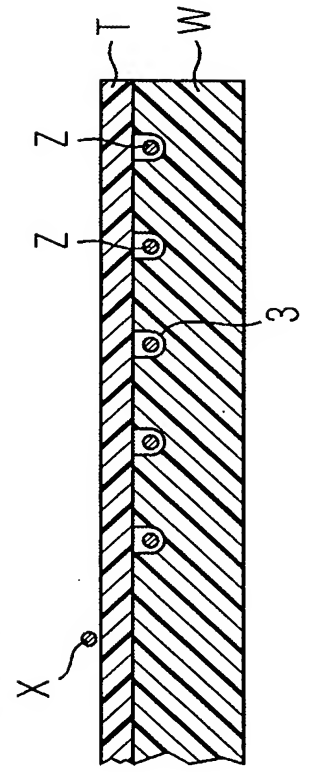


FIG 2a

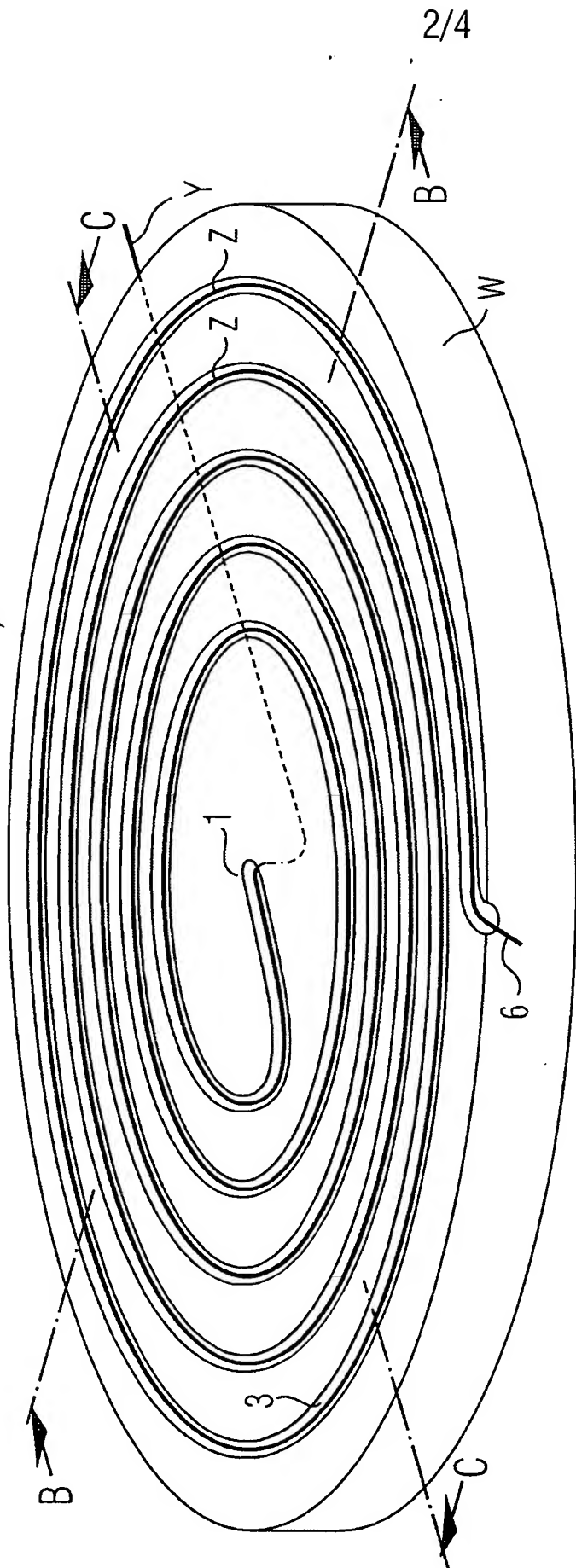


FIG 2b B-B

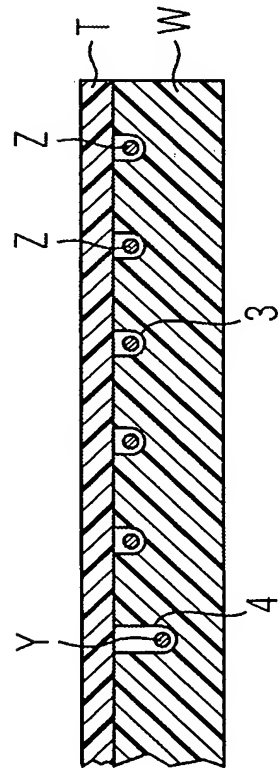


FIG 2c C-C

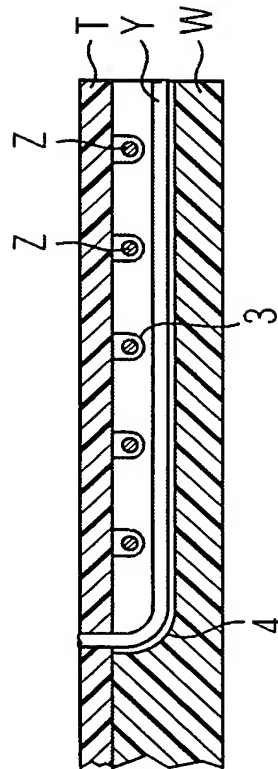


FIG 3

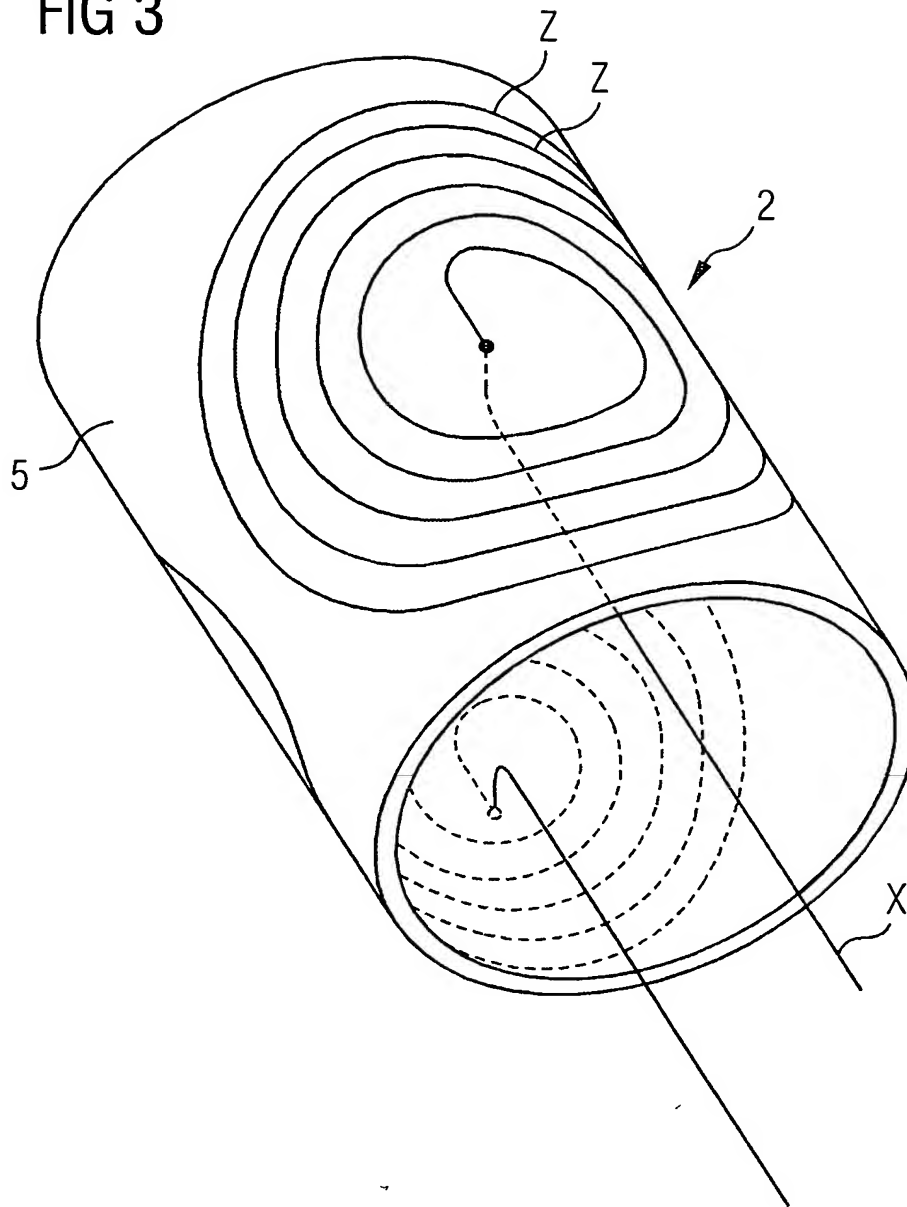


FIG 4

